

⑫ 特 許 公 報 (B 2) 昭59-18084

⑤ Int.Cl.<sup>3</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公告 昭和59年(1984) 4月25日

B 01 D 13/00

H-7305-4D

発明の数 1

(全7頁)

1

2

⑭ 流体分離装置

⑮ 特 願 昭51-109850

⑯ 出 願 昭51(1976) 9月16日

⑰ 公 開 昭53-35683

⑱ 昭53(1978) 4月3日

⑲ 発 明 者 藤井 能成

大津市園山一丁目1番1号 東レ  
株式会社滋賀事業場内

⑳ 発 明 者 長尾 祥三

大津市園山一丁目1番1号 東レ  
株式会社滋賀事業場内

㉑ 発 明 者 熊沢 俊二

大津市園山一丁目1番1号 東レ  
株式会社滋賀事業場内

㉒ 出 願 人 東レ株式会社

東京都中央区日本橋室町2丁目2  
番地

㉓ 参考文献

特 開 昭47-27186 (JP, A)

㉔ 特許請求の範囲

1 選択透過性中空繊維束の両端に形成された管板部分で筒体の両端の外側にそれぞれ設けられた室にそれぞれの中空繊維が開口し、両管板部分で閉じられた側部に入口通路と出口通路とが設けられている筒体の内部に選択透過性中空繊維束を収納した構造を有する流体分離装置であつて、該中空繊維束が1または2本の中空繊維にスパーサヤーンがラセン状に巻きつけられた巻き付け中空繊維素子が多数集束された構造からなることを特徴とする流体分離装置。

発明の詳細な説明

本発明は選択透過性中空繊維を用いた流体分離装置に関するものであり、さらに詳しくは微細な中空繊維を多数束ねて固着した管板部分の形成性を著しく改善し、かつ中空繊維外側部の流体の流

れ状態が著しく改善されて分離効率が改良された流体分離装置に関するものである。

従来から半透膜の選択透過性を利用して物質を分離する方法、すなわち逆浸透法、限外圧過法、正浸透法、透析法および気体混合物の加圧分離法等の技術は公知である。選択透過膜の形状として数百ミクロンないしそれ以下の外径を有する中空繊維状の半透性膜を用いた流体分離装置は、半透膜自体の重量または外部の均等な圧力を管状構造の中空繊維自体が支え、また微細な中空繊維を用いることは単位容積に充填しうる透過膜面積が大きいという、選択透過膜を利用した流体分離装置に非常に有効な利点を有した技術である。

しかるに、上述の利点を活かし透過面積の大きい分離装置を製造するためには極めて多数の中空繊維を集束し、中空繊維束の両端部で1本1本の中空繊維を固着させ各繊維間に全くすき間のない管板を形成して中空繊維の末端を開口し、管板部分で中空繊維束を収納する筒状容器に固定支持させて中空繊維の内部流体と外部流体とが一切混合することのない装置に組立てることが必要である。

かかる装置を製造する方法として例えば特公昭44-5526号公報には多数の中空繊維からなる繊維束を遠心力装置に組み込み、中空繊維束の両端の管板を遠心力場に於て硬化性液状材料を鋳型して製造する方法が提案されている。しかし、数千本ないし数千万本からなる微細な、かつ半透性を損なわないようグリセリン等で再可塑化した中空繊維束を各々の中空繊維の内部を閉塞させることなく鋳型して管板を形成する技術は著しく高度の技術であり、鋳型時の収率を向上させることは実際技術上極めて重要な問題である。

また一方、極めて多数の微細な中空繊維の集束体からなる分離装置に於てはしばしば中空繊維外側部の流体の装置内部での分配が不均等となつて偏流等を生じ、装置の分離効率が著しく低下する。あるいは装置を洗浄する場合等に局部的に洗浄が

不充分になることがある。その結果、例えば血液透析のような場合には滅菌剤等の有毒な物質が残留することになり、逆浸透や限外濾過の場合には逆洗再生を重ねる度に毎に性能が低下し、實際上非常に重大な欠点となるものである。

このような低分離効率・性能低下の原因となる偏流を防止し性能を改善する試みは数多く行われており、例えば中空繊維束にリボン状部材を巻きつけて束と束との間の偏流防止を企てる方法が提案されているが性能改善は十分ではなく実用に供することは難しい。また例えば多孔性支持体からなる比較的太い管状膜に糸状素子を巻きつけ装置内近接部品と接触することを防ぐ方法も提案されているが、柔軟でかつ損傷し易い微細な中空繊維に應用するには極めて不十分な提案であり、十分な効果を期待できぬものである。

本発明者らは、かかる観点に立つて流体分離効率の優れた同時に製造容易な流体分離装置を提供すべく鋭意検討した結果本発明を発明するに至ったのである。

すなわち本発明は、選択透過性中空繊維束の両端に形成された管板部分で筒体の両端の外方にそれぞれ設けられた室にそれぞれの中空繊維が開口し、両管板部分で閉じられた側部に入口通路と出口通路とが設けられている筒体の内部に選択透過性中空繊維束を収納した構造を有する流体分離装置であつて、中空繊維束が1本または2本の中空繊維に各中空繊維と中空繊維との距離を実質的に均等かつほぼ一定となるごとく規制する効果を有するスペーサヤーンがラセン状に巻きつけられた巻き付け中空繊維素子が多数集束された構造からなることを特徴とする流体分離装置である。

かかる構造の流体分離装置は、管板部を鋳型する際に硬化性液体鋳型材が微細な多数の中空繊維間の空隙にスペーサヤーンによつてできた連絡路を通つて極めて容易に浸入して完全に流密な管板を著しく高収率で成型することができ、同時に物質を交換・分離する中空繊維の外側を流れる流体は一本一本の中空繊維表面に沿つてスペーサヤーンの隙間に均等に分配されて、滞留することなくかつラセン状のスペーサヤーンによる乱流効果によつて境界抵抗が著しく減少し、全く予想できぬほど顕著な分離効果の改善ができるのである。

第1図は本発明の一例の流体分離装置の全体構

造を示すものである。分離装置の容器をなす筒体1は流体の入口5と出口4とを備えている。逆浸透装置または限外濾過装置として使用するときには流体の入口5からポンプにより高圧をかけることができる。筒体1の形状は任意とすることができるが、耐圧性及び流体の均一な流れ方に対しては円筒形であることが有利である。材質は使用する圧力に耐えることができるものであり、処理する流体に対して十分耐食性のあることが必要である。中空繊維束2は両端の管板部6及び7で筒体1に支持・固定され、筒体1の両端の外方に設けられた室8及び9に中空繊維の開口端が連通している。筒体1の両端の室8および9はそれぞれの管板とヘツダ10および11とでしきられ、それぞれ流体の入口と出口12および13を有している。管板を形成する壁材には鋳型加工可能な硬化性重合体組成物が好ましく用いられ、装置の使用目的に応じて、耐圧性、耐食性、耐溶剤性および毒性等を考慮して種類を選定するのが良い。筒体1の両端の外方の室を管板とともに構成するヘツダは筒体及び管板材料と同様に耐圧性、耐食性、耐溶剤性および毒性等を考慮して選定される。例えば血液透析等の特定の使用目的に対しては、筒体材料として、ポリメチルメタクリレート、ポリスチレン、ポリカーボネート、ABS樹脂、AS樹脂等から選定して好ましく用いることができ、ヘツダ材料としてポリエチレン、ポリプロピレン、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート等を用いることができる。さらに管板材料としてはシリコン樹脂あるいはイソシアネート基を末端に有するプレポリマとヒマシ油もしくはヒマシ油誘導体を主成分とするポリオール成分とからなるポリウレタン等を好ましく使用することができる。しかし、一般の逆浸透法、限外濾過法、透析法あるいは混合気体の加圧分離法等の使用目的に対しては通常の高分子材料及び金属材料等から選んで筒体及びヘツダを製造することができ、管板材料にはエポキシ樹脂等の普通に使用される硬化性重合体組成物が使用できる。

筒体1の中に収納される中空繊維束2の構造は本発明の特徴とするところなので次に詳細に説明する。すなわち、中空繊維束2を構成する中空繊維には第2図に示すようにスペーサヤーンをS方向とZ方向にラセン状に巻きつけた中空繊維素子

からなり、中空繊維束はこのような巻き付け繊維素子により各々の中空繊維と中空繊維との距離が実質的に均等かつほぼ一定に規制された構造を有する。スパーサヤーンの巻き付け方は第3図の如くSまたはZ方向の一層でもスパーサヤーンの特5 性を選ぶことによつてその効果を十分發揮することができ、また第4図のように2本の中空繊維を一對としてスパーサヤーンを巻きつけた形状のものであつても良い。

使用される選択透過性中空繊維には本発明の目的および構成から明らかなように素材及び形状・特性によつて限定されることはないが、例えばセルロースジアセテート、セルローストリアセテート等のセルロースエステル類、セルロースエーテル類等のセルロース誘導体、ポリアミド系重合体、10 ポリエステル系重合体、ポリメチルメタクリレート等のメタクリル系もしくはアクリル系重合体、ポリ塩化ビニル等のポリビニル系重合体、ポリウレタン、有機シリコン重合体、ポリアクリロニトリル系重合体、ポリスルホン、ポリエチレンの如きポリオレフィン、ポリプロピレン等からなる使用される状態で比較的非膨潤性の選択透過性中空繊維に適用した場合に本発明の効果を有効に活性15 することができる。

中空繊維の形状としてその太さは通常10～600 $\mu$ 位の中空繊維が流体分離装置の用に供されているが、勿論本発明をこの範囲の中空繊維に適用することに問題はない。

スパーサヤーンとしては、各々の中空繊維と中空繊維との距離を実質的に均等かつほぼ一定に規制するスパーサの機能があれば良いのであるが、製造された装置の諸特性を望ましい範囲に調節しかつ製造工程で中空繊維に損傷を与えないためには、使われる中空繊維の特性と装置の使用目的に合わせて適当な性状及び素材の糸条を選定する必要がある。しかし一般的に述べれば、ポリエステル、ポリアクリロニトリル、ポリアミド等のフィラメント糸あるいは紡績糸等が好ましく用いられ、セルロースアセテート、レーヨン等のセルロース糸繊維、ポリビニルアルコール、ポリ塩化ビニル20 系繊維、ポリ弗化ビニリデン系繊維等も目的・用途に応じて好ましく用いられる。性状としては比較的嵩高性のあるかつ伸縮性のある例えば捲縮繊維、加工糸あるいは紡績糸等が、グリセリン等で

可塑化された湿潤状態の中空糸に損傷を与えることなく取扱うことができ、さらに後述するように装置に対する中空繊維の充填率および充填状態を好ましく調節することができ好適である。しかし、5 使用される中空繊維の太さ、強度等の物理的性質、使用される装置の目的・操作条件等によつては適当な繊度のモノフィラメント等も使用されることがある。

具体的には例えば腐食性の強いまたは溶解性・膨潤性の強い流体の分離にはポリ弗化ビニリデン系繊維が好ましく用いられ、また血液透析の場合には溶出物の少ないポリエステル、セルロースアセテート等の加工糸が好ましく用いられる。

スパーサヤーンの繊度は巻きつけられる中空繊維の太さ、剛直性あるいはスパーサヤーンの嵩高性10 と伸縮性、目標とする中空繊維の充填密度等に依存して決められるので一概に限定することができないが、一般的に表限すれば用いられる中空繊維よりは細く、さらに好ましくはその外径の1/10～1/2位の繊度が良い。

選択透過性中空繊維に巻き付けるスパーサヤーンの巻き数は本発明の目的・効果を左右するもう一つの重要な因子である。すなわち、ラセン状に巻きつけられたスパーサヤーンの密度が大であれば各々の中空繊維の距離を規制する効果はより大となるが、他方中空繊維の有効表面積を減ずることになる。しかし、中空繊維間の距離を均等にか15 つほぼ一定にしてその結果期待される流体分離効率の向上の効果は、スパーサヤーンの繊度および嵩高性等を適当に選定すれば比較的巻き数の小さい範囲で十分な効果を発現させることができる。このような好適な巻き数の範囲は目標とする分離装置の特性例えば中空繊維外側部の流体抵抗の大きさ、中空繊維の繊度及び嵩高性、分離装置筒体20 中の中空繊維の充填密度等によつて一定でないが、だいたい中空繊維10mm当り0.1～2.0が有効であり、さらに好ましくは0.25～4.0の範囲が良い。本発明の効果である中空繊維の外側を流れる流体の分配を均等化して偏流を抑制し、分離効率を向上させる効果に対しては10mm当り0.1以上であれば相当の効果があるが、巻き数20以上ではスパーサヤーンの繊度および嵩高性を十分小さく選んでも中空繊維の有効表面積を減少させ分離35 効率を低下させる効果が、前述の偏流抑制による

分離効率向上の効果をほぼ相殺する程度に増大し、本発明の効果の一つを有効に発現させることができなくなる傾向にある。また本発明の他の重要な効果である管板部分を硬化性液状重合体組成物で中空繊維束の端部を鋳型して成型する場合に中空繊維束の管板部分に全く間隙が残存せず完全に気密性の管板を成型しうる鋳型性の改善効果に対しては、鋳型層内の中空繊維が相互に3本以上が密接することを阻止する必要がある。鋳型層の厚みは分離装置の構造・大きさによつて変わりうるものであり一般的に限定し難いが、かかる目的効果のために必要な巻き数はより大である方が有利でそのおおよその下限を示せば0.25程度である。勿論鋳型層が薄い場合には巻き数をより大とし、鋳型層が厚い場合にはより小とすることが可能であり、またスペーサヤーンがマルチフィラメントか否か、嵩高性が大か小か等で変わり厳密に下限値を限定することは難かしい。またさらに巻き数が4以上の範囲では中空繊維の織度、可撓性、スペーサヤーンの織度、形状等を考慮しても本発明の目的効果は微増する程度で巻き数は4程度が実質的に十分な値である。

以上述べた如きスペーサヤーンを1本もしくは2本の中空繊維にラセン状に巻き付けた巻き付け中空繊維素子を集束してなる中空繊維束が本発明の特徴とするところである。

かかる中空繊維束は、各々の中空繊維と中空繊維との距離が実質的に均等にかつほぼ一定に規制されており、中空繊維の3本以上が繊維軸方向に長く密接することがない。したがつて前述した如く中空繊維束の端部を硬化性液状重合体組成物で鋳型して管板を成型する際に中空繊維が3本以上密接して中空繊維にとり囲まれた部分が空隙として残り管板の漏洩の原因となることがない。管板部分を成型する方法は種々考えられているが、先に引例した方法の遠心力場で硬化性液状材料に対して非混和性の比重の大きい液体で中空繊維の末端開口部をシールし同時に遠心力場で管板材料を鋳型硬化させて成型する方法は非常に巧妙な方法であり、工業的に有利な方法であるが、実際に具体的に検討すると成型された管板部からしばしば漏洩する。漏洩は数千本～数千万本の中空繊維束の一箇所でも発生しても製品として使用に耐えぬものであり、このような漏洩を防ぐ容易な方法が望

まれていた。本発明者らは漏洩部分を詳しく検討した結果部分的に3本～4本の中空繊維が繊維軸方向に密接して空隙をなし、この空隙部分に硬化性液状材料が浸入し難いために管板に小孔が残り漏洩することをつきとめ、容易にかつ確実に漏洩を防止する本発明を提供するものである。

本発明の他の重要な効果に分離効率の向上等の効果がある。例えば本発明の液体分離装置を透析装置として使用する場合で考えると、透析効率は中空繊維内部液の境膜抵抗( $R_B$ )と選択透過膜固有の抵抗( $R_M$ )と透析液境膜抵抗( $R_D$ )との和の総括物質移動抵抗 $R_0$ によつて決る。しかるに $R_B$ は中空繊維の内径、流量、溶質の拡散速度等で決り $R_M$ は膜固有の値であるが、 $R_D$ は装置の構造、就中透析液の分配もしくは偏流の存在等に著しく依存し、全体としては装置の効率を著しく左右する。すなわち、偏流の程度は、中空繊維束と筒体との空隙、中空繊維束内の空隙、及び中空繊維間の空隙の大小によつて決る。従来実用化されている透析装置としては中空繊維の素材として再生セルロース系のものがほとんどであり、合成重合体もしくはセルロース誘導体等の半合成重合体等のものは研究は進められているものの実用化に到っていない。これはたまたま再生セルロース系中空繊維は非常に水による膨潤性が大きく、上述の筒体との空隙及び中空繊維束内の空隙が大きくても使用時には中空繊維の伸長膨潤により筒体内で中空繊維が屈折して全体として空隙が均等化されて中空繊維とともに筒体内全体に分配され偏流が発生することが自然的に防止されて、偏流による $R_D$ の増大が抑制され比較的高い透析効率が実現されている。これに対し水膨潤性の少ない合成重合体もしくは半合成重合体からなる中空繊維では前述のような膨潤および伸長による偏流抑制効果は期待されず、膜としての性能および物理的性質がたとえすぐれていたとしても透析効率の十分に高い装置を工業的に製造することが困難である。

かかる非膨潤性中空繊維の透析抵抗は筒体内壁と中空繊維束との空隙は比較的容易に可及的僅少にして改善しうるが、透析効率低下に最も重要な中空繊維束内の空隙による偏流を実際の工業的技術で解決することは非常に難かしい。すなわち例えば透析装置として使用初期には偏流も少なく効

率も十分高くとも、使用中に透析液の流動によつて中空繊維束が小分割されて空隙を生起して偏流が発生し、著しく効率が低下することもある。かかる現象は前述の $R_D$ の急激な増大で確認され、しばしば水膨潤性の再生セルロース系中空繊維の装置でも認められる。また、透析装置の機能的特性として透析液の流動抵抗すなわち透析液入口と出口との圧力損失が可及的に小さいことが望ましいが、非膨潤性中空繊維束を用いた透析装置では透析液の境膜抵抗 $R_D$ を十分小さくするためにはほぼ最密に近い状態まで中空繊維の充填率を高める必要があり、このような状態では透析液側圧力損失が著増して実用上問題であり血液透析の例のような場合には決定的な欠点となる。

中空繊維の充填率 $\epsilon$ を分離装置筒体内壁の断面 $S$ 、中空繊維の外壁のなす円形断面の面積を $s$ 中空繊維の本数を $N$ としたとき $\epsilon = N \times s / S$ で定義すれば、円形の筒体に六角形で最密に充填すると $\epsilon$ は約90.5%になり、四角形で最密充填したときは78.5%になる。再生セルロース系血液透析装置では通常約45~50%であり透析液圧力損失は10~15mmHg位、透析液境膜抵抗 $R_D$ は透析液の平均流速約60cm/分で5~10分/cm程度を示している。これに対して非膨潤性の中空繊維の場合には充填率約78%以下では中空繊維束内の空隙が生じ、しかも透析液圧力損失が35mmHg以上に達しかつ透析液境膜抵抗 $R_D$ は約10~15以上となり、透析液側圧力損失を下げるため充填率 $\epsilon$ を下げると極めて急激に透析液境膜抵抗 $R_D$ が増大し、透析効率を低下させる。

しかるに本発明に従えば、中空繊維の充填密度30~78%好ましくは40~70%の範囲に於て中空繊維の外側を流れる流体の流動抵抗1mmHg/cm以下、境膜抵抗 $R_D$ 15min/cm以下の分離効率を、中空繊維素材と流体との相互作用による膨潤・伸長等の伴なわない非膨潤性中空繊維の系に於ても安定して達成することができる。同時に前述した如き透析中の効率低下という現象も全く起ることがない。

しかも第1図の全体図中に示した3の独立発泡性可撓性支持部材の如き中空繊維束のほぼ全体を支持して緊縛するような構造を採用するならば中空繊維を束内に於て均等配列すると同時に一定の充填率を構成することが容易であり、製品の品質

特性を著しく安定化することができる。かかる目的を達成する上に於て速度の嵩高性を有する捲縮フィラメントあるいは加工糸等のスペーサーンは非常に有効な効果を発現するのである。

このような本発明の効果は透析装置の場合にのみ有効であるのではなく流体分離装置の一般的・共通的問題を解決するものである。すなわち例えば逆浸透法等では流体の流れ状態が不均等で偏流があれば、濃度分極を増大させ装置の分離効率を低下させる。またさらに一般的には装置の洗浄等が不十分になり易く、造水装置としては精製水の純度を低下させることになり、限外濾過法による果汁・ホエー等の濃縮装置に於ては不純物の混入あるいは装置内の滞留による変性等により製品の品質を低下させることにもなる。さらにかかる現象は洗浄操作により完全に再生されることは難かしく、再生の度毎に次第に効率を低下させて装置の寿命を短縮することにもなる。本発明により分離流体の流れ状態の改善された構造を有する分離装置に於ては上述のような流体分離装置に共通する問題点を著しく改善することができるのである。本発明はまた種々の有利な特徴を有しているにもかかわらず、溶媒に対して非膨潤性であつて分離効率が低いかあるいは流体抵抗が著しく大きい等により実用化し難かつた例えば合成重合体もしくは半合成重合体を素材とする選択透過性中空繊維等を用いた分離効率の著しく改善された、かつ容易に製造しうる構造の流体分離装置を提供するものであるが、膨潤性中空繊維からなる例えば再生セルロース系中空繊維を用いた分離装置等にも適用しうることは勿論のことである。

以下、本発明の具体的例を実施例によつて説明する。

#### 実施例 1

外径340ミクロン内径240ミクロンの疎水性素材であるポリメチルメタアクリレート系中空繊維に75デニールのポリエステル加工糸を中空繊維10mmに対し1回の巻き数でSおよびZの2層にラセン状に巻きつけて長さ30cm、本数8000本の中空繊維束に集中した。この中空繊維束を第1図に示された装置に、両端部をポリウレタン鑢型材で固着して管板を成型して組立てた。中空繊維の充填率は独立発泡性可撓性筒状部材の厚みでほぼ45%に調節した。これに対して対照例とし

てスペーサヤーンを巻きつけずに集束した中空繊維束から同様の分離装置を製作したが、中空繊維の充填率をそれぞれ45%、80%および85%に調節して製造した。このような分離装置の分離効率を比較的容易にかつ精度よく測定する方法としては透析実験により透析液境膜抵抗を測方する方法があるので本発明でも採用した。すなわち0.7%の食塩水を中空繊維の内側に一定量(200 ml/分)で流し、中空繊維の外側には純水を一定量(500 ml/分)で流してそれぞれの入口及び出口濃度を電気伝導度で測定することにより総括物質抵抗 $R_0$ を算出した。一方中空繊維の外側を流す純水の流量を増加して $R_0$ の値がほぼ一定になる条件で得た $R_0$ 値と前述の基準条件で測定した $R_0$ の値との差を透析液境膜抵抗の値 $R_D$ とした。同時に基準条件に於ける中空繊維外側液の入口圧力と出口圧力との差 $\Delta P_D$ も測定して比較した。

その結果、前述の本発明例では $\Delta P_D$ は約10 mmHgでありその時の透析液境膜抵抗 $R_D$ はほぼ6~10 min/cmであつた。これに対し対照例の充填率45%のものでは $\Delta P_D$ は10~20 mmHgでそのときの $R_D$ は20~40 min/cm位で装置間の差異が著しく大であり、分離効率が低下していた。ちなみに膜抵抗と中空繊維内側液の境膜抵抗との和は28~30 min/cm程度であつた。さらに充填率80%のものでは $\Delta P_D$ が30~115 mmHgで、 $R_D$ が7~15 min/cm位であり、85%のものでは $\Delta P_D$ が120~230 mmHg位の範囲で $R_D$ は3~6 min/cmの位を示していた。すなわち、従来構造の装置では分離効率を高めて安定させるためには、 $\Delta P_D$ を著しく高かつ不安定な条件にしなければならず、 $\Delta P_D$ を低く安定な値にするためには分離効率を著しく犠牲にしなければならないのに対し、本発明例では分離効率高かつ $\Delta P_D$ が低くしかも安定した性能を実現していた。

さらにかかる分離装置の管板部での漏洩による収率を比較すると、本発明例では管板部からの漏洩は殆んど見られなかつたのに対し、対照例では高々60%の収率でしかなかつた。

#### 実施例 2

外径270ミクロン内径200ミクロンの比較的確水性の強い素材であるセルロースアセテート

の中空繊維に150デニールのポリエステル加工糸をZ方向一層に巻き付けて巻き数4回/10mmの巻き付け中空繊維素子を作り、長さ3.0cm本数9500本の中空繊維束に集束した。この中空繊維束を実施例1と同様に第1図に示した如き分離装置に組立てた。対照例としてスペーサヤーンを巻きつけずに充填率約45%に調節した同様の分離装置を製作した。

製作時の管板部での漏洩は本発明例の場合6箇製作し6箇とも全くなかつたが、対照例では6箇中2箇それぞれ片側端部で1箇所ずつ漏洩していた。

分離効率は実施例1と同様に透析実験で比較した結果、対照例の境膜抵抗 $R_D$ はそれぞれ9.5, 34, 27, 18 (min/cm)であつたのに対し、本発明例では6例とも9~12 min/cmの範囲にあり効率高かつ安定した性能を示していた。なお本実施例の中空繊維の境膜抵抗は約20 min/cmであつた。

#### 実施例 3

実施例1で使用したと同じポリメチルメタクリレート中空繊維を2糸条一対として300デニールのポリエステル加工糸を0.5回/10mmの巻き数で一層に巻きつけて2糸条の中空繊維からなる巻き付け中空繊維素子を作り、この中空繊維素子4000本を30cmの長さの集束体にして実施例1と同様の分離装置を製造した。本実施例6例中管板部で漏洩したものはなく、境膜抵抗は7±2 min/cm、 $\Delta P_D$ は11±1 mmHgの各範囲の値を示していた。なお参考のために中空繊維3本をまとめてスペーサヤーンで巻きつけた中空繊維素子からなる中空繊維束で検討を試みたが、分離効率の点ではスペーサヤーンの無いものに比べてかなり優れていて安定した性能を示すが、管板部での漏洩が多発し管板の鋳型性が劣っていた。

#### 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施態様例の流体分離装置の全体を示す縦断面図であり、第2図、第3図、第4図はスペーサヤーンを巻き付けた中空繊維素子の模式図である。

1:筒体、2:中空繊維束、3:支持材、4, 5:流入口または排出口、6, 7:管板、8, 9:ヘツダ室、10, 11:ヘツダ、12, 13:流入口または排出口、14, 15:キャップ、16,